

文章编号: 1671-7848(2009)S₃-0004-04

基于三菱 PLC 的曝光机控制系统

陈艺昌, 陈艺新, 蒋力, 李春木
(厦门大学机电工程系, 福建 厦门 361005)



摘 要: 根据 PCB 板在生产制造过程中的工艺流程要求, 应用三菱 FX2N 系列 PLC 作为整个曝光机控制系统的核心, 通过 PLC 控制送板与出板, 曝光时间, 卤素灯的准确开启与关闭, 卤素灯工作电压的切换, 冷却装置的工作状态实现每一次循环过程的全自动化, PCB 双面曝光机结合温度传感器输入模块准确将曝光环境反馈于 PLC, 通过 PLC 程序处理, 产生相应电压模拟量的输出反馈给卤素灯, 曝光温度达到动平衡, 最大程度地在保证曝光要求前提下延长卤素灯的使用寿命, 使曝光环境调整到最佳, 同样也保证连续、长时间生产。
关 键 词: 曝光机; 三菱 PLC; 软件编程
中图分类号: TP 27 **文献标识码:** A

Mitsubishi PLC-based Exposure Machine Control System

CHEN Yi-chang, CHEN Yi-xin, JIANG Li, LI Chun-mu
(Department of Electronic Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract According to the requirements of PCB board manufacturing process, Mitsubishi FX2N Series PLC control system is used as a core of the exposure machine to achieve full-cycle automation. The PLC is used to control out and in of the board, the exposure time, on and off of the accurate halogen, the switch of the halogen operating voltage, the work state of the cooling device each time. PCB double-sided exposure machine with temperature sensor input module will expose to PLC accurate feedback of the environment, which is to be dealt with the programs of the PLC, resulting in a corresponding analog output voltage feedback to halogen to keep the dynamic balance of the exposure temperature, in which case the life of halogen lamps are maximized and the environment of exposure is optimized under requirements, ensuring continuous and long production.
Key words exposure machine; Mitsubishi PLC; software programming

1 引言

PCB 板即 Printed Circuit Board 的简写, 中文名称为印制电路板, 是重要的电子部件, 是电子元器件的支撑体, 是电子元器件电气连接的提供者。它是电子工业的基本构件, 也是组装电子零件用的基板。

它是在通用基材上按预定设计形成点间连接及印制元件的印制板, 其主要功能是支撑电路元件和互连电路元件, 起到传输信号作用^[1]。

曝光机在制作 PCB 过程中的作用是进行图像转移, 通过 UV 灯发出的紫外线对有机聚合物 (通常称为电子抗蚀剂或光刻胶) 进行曝光, 受电子束辐照后的光刻胶, 其物理化学性质发生变化, 在一定的溶剂中形成良溶或非良溶区域, 从而在抗蚀剂上形成精细图形。

印制板的质量、精度等问题很大程度上取决于曝光机的性能。

2 原理介绍

1) 曝光机工作流程 该系统的硬件包括主体支撑框架, 上下玻璃晒架, 操作面板和人机界面, 灯箱, 灯箱快门和电动机, 隔热玻璃, 灯管冷却风扇, 灯箱抽风风扇, 内置空调, 抽真空泵, 气支撑, 膨胀密封条, 定位销等, 其工作流程如图 1 所示。

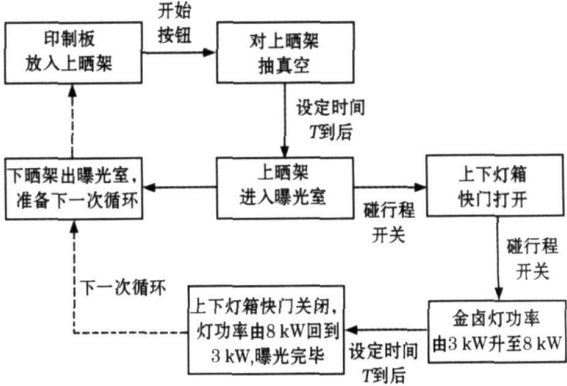


图 1 曝光机工作流程图

2) 对控制系统的要求

1 实现每一次循环过程的全自动化，对于突发事件可以紧急停止。

④实现对各个环节的安全联锁，晒架没进入曝光室时不进行曝光，不能上下 2 个晒架同时在里面进行曝光。

(四)刚开机点亮灯管时，为防止温度过低而无法点亮，曝光室内空调开机 1 m in 后再运行，冷却风扇和抽风风扇根据卤素灯两端及发光部分的温度的传感信号实现开启与关闭，保证系统运作节能、高效。

¼ 曝光机停止工作 5 m in 内，空调保持工作状态，继续对曝光室进行冷却，然后自动断电处理。

½ 可设定 16 组不同的参数，用户根据自己的工艺需要设定抽真空时间和上、下灯的曝光时间。

¾ 根据实验研究，灯两端电压在待机和曝光状态需与风扇配合使用，使其电压维持较小范围内波动，结合温度传感器输入模块准确将曝光环境参数实时反馈于 PLC，通过 PLC 程序处理，产生相应电压模拟量的输出反馈给卤素灯，曝光温度达到动平衡，根据实验观察，冷却风扇和抽风风扇在灯两端电压到 300 V (约 2 m in) 时运行。

⑧灯管老化后，为防止在电压过高状态下危险工作，当超过危险电压 2 s 时，曝光机将紧急停止工作。

3 曝光机硬件系统设计

1) 机械单元设计 系统上下晒架进出传动采用同步带传动方式，如图 2 所示。

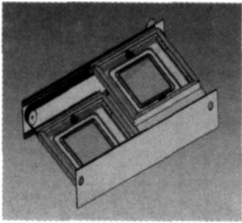


图 2 同步带传动机构

与丝杠相比，丝杠传动，钢性较好，可以传递较大扭力，位置准确，但是频繁换向时容易产生冲击振动。

同步带传动，传动平稳，具有缓冲、减振能力，噪声低，且维护保养方便，不需润滑，维护费用低，更为重要的是带传动传动效率高，可达 0.98，节能效果明显。

考虑到曝光机系统需要实现对各个环节的安全联锁，晒架没进入曝光室时不进行曝光，不能上下 2 个晒架同时在里面进行曝光，而且因为曝光机需要频繁换向传动作业，所以传动机构采用同步带形式，不仅能够保证上下板进出的同步性，而且高

效、节能。

2) 控制系统硬件配置 系统硬件配置框图，如图 3 所示。

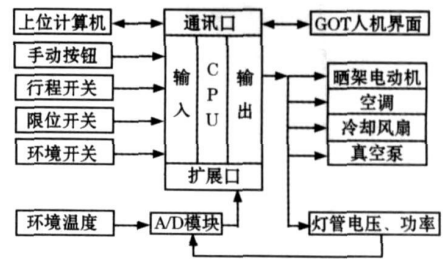


图 3 系统的硬件配置图

主要组成包括：PLC 的 CPU 和 I/O 模块，输入设备为命令按钮，限位开关，模数转换模块；输出设备为继电器，执行元件包括电动机、抽气泵、风扇、空调等。PLC 自动循环扫描各个输入输出点当前的状态，按钮和开关的状态改变梯形图中的输入点状态，梯形图程序所确定的逻辑关系更新输出点的通断，通过使继电器工作从而来控制电动机的正反转、灯管功率的变化、风扇的启动与停止、空调的延时开机、机器的自动断电等。

3) 曝光机光路系统设计 光路系统是完成曝光的核心部分。曝光机使用的灯管是金属卤素灯，金属卤素灯的光谱能量与某些质材的吸收光谱十分吻合，能起十分快速的硬化反应，广泛地应用于 PCB 板曝光。

散射光光路系统构成，如图 4 所示。

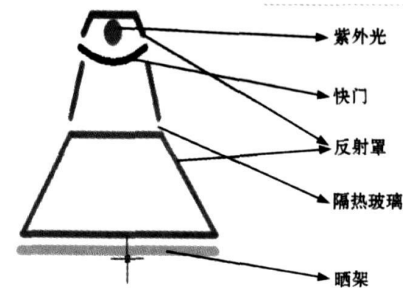


图 4 曝光机的光路系统

图中的光源为线形光源。

快门采用半圆筒旋转机构，快门每次可以在同一方向旋转 180°，曝光时快门旋转打开碰限位开关后停止，其他时间快门关闭。光源所发出的光包含多个波段，如红外线、可见光、紫外线等。由于红外光会产生大量的热，严重影响曝光质量。因此在灯箱下面放上一面隔热玻璃，一方面可以吸收掉绝大部分的红外线，有利于对框架温度的控制；另一方面对冷却系统的要求也大为降低，从而提高曝光质量。紫外线从光源发出，一部分的光直接照射到晒架上，一部分光照射到反射罩上，通过反射到达晒架上。反射罩是由凹凸不平的铝板做的，因为凹凸面可以使光源发散，让整个反射罩形成一个

大的光源,从而使能量的均匀度有所提高。

4) 曝光机冷却系统设计 曝光机在工作状态下,其发光光源—金属卤素灯要在 800~1 000 ℃ 下才能发出紫外光线,灯管会不停地发热。温度越高,能量就越高,使得相同时间内曝光能量很不均匀。严重影响曝光质量,极大减小灯管寿命,所以需要—个制冷系统来降低曝光室和工作台面的温度。制冷主要由空调来完成,通过空调冷热风的循环来起到冷却效果。空调冷风通过出风口和风机送出,用于冷却灯箱的灯管、晒架以及工作台下面的限流器和变压器。由于在灯箱和反射罩之间有一块隔热玻璃,所以要使冷空气到达灯箱需要 2 个轴流风机把冷空气送入灯箱冷却灯管,灯管里空气通过离心风机送入空调再次冷却进入下一次循环。冷热空气在曝光室内循环。隔热玻璃对红外线的吸收率相当高,所以此时照射到晒架上的热量已经很少了,便于提高曝光均匀度。根据实际曝光功率需要,冷却系统使用功率比原来小 2/3 理想情况下甚至可以不使用空调设备。不仅极大地降低了生产成本,增强了设备的竞争力,而且更加的节能高效。

4 PLC 软件系统设计

控制系统软件主要包括人机界面和梯形图程序设计,分别用三菱公司的 GE Devebp 和 GE Design 设计软件编写。

1) PLC 选型 根据设计的要求和系统所需要的输入输出信号的数量(需 9 个输入点,13 个输出点),本系统选用了三菱的 FX2N-32MT 可编程控制

器,输入电源 AC220 V,输入点数 16 点,开关量输入,无需电压连接;晶体管输出,输出点数 16 点,该 PLC 含扩展接口,用 RS422-RS232 数据线与电脑和编程界面进行通信。

2) PLC 控制 I/O 点分配 曝光机的电气系统包括金属卤素灯的灯源连接电路和控制柜里的配电连接,灯源连接采用目前市场上较为成熟的与镇流器搭配使用的控制方式。关于硬件控制部分,针对曝光机的工作流程和控制要求,设计了 PLC 控制系统方案,结合所选的 PLC 类型,首先分配 I/O 地址,见表 1。

表 1 PLC I/O 分配地址

输入		输出	
开始 SB1	X0	晒架电机正转 KA1	Y0
停止 SB2	X1	晒架电机反转 KA2	Y1
上板合上开关 SQ1	X2	上真空泵抽真空 K3A	Y2
下板合上开关 SQ2	X3	下真空泵抽真空 KA4	Y3
上板进开关 SQ3	X4	上快门电机启动 KA5	Y4
下板进开关 SQ4	X5	空调延时开关 KA6	Y5
上快门开关 SQ5	X6	下快门电机启动 KA7	Y6
关机 SB3	X7	关机 KA8	Y7
下快门开关 SQ6	X10	上灯 8kW 曝光 KA9	Y10
		下灯 8kW 曝光 KA10	Y11
		点灯 KA11	Y12
		上风扇开 KA12	Y13
		下风扇开 KA13	Y14

PLC 的电气接线,如图 5 所示。

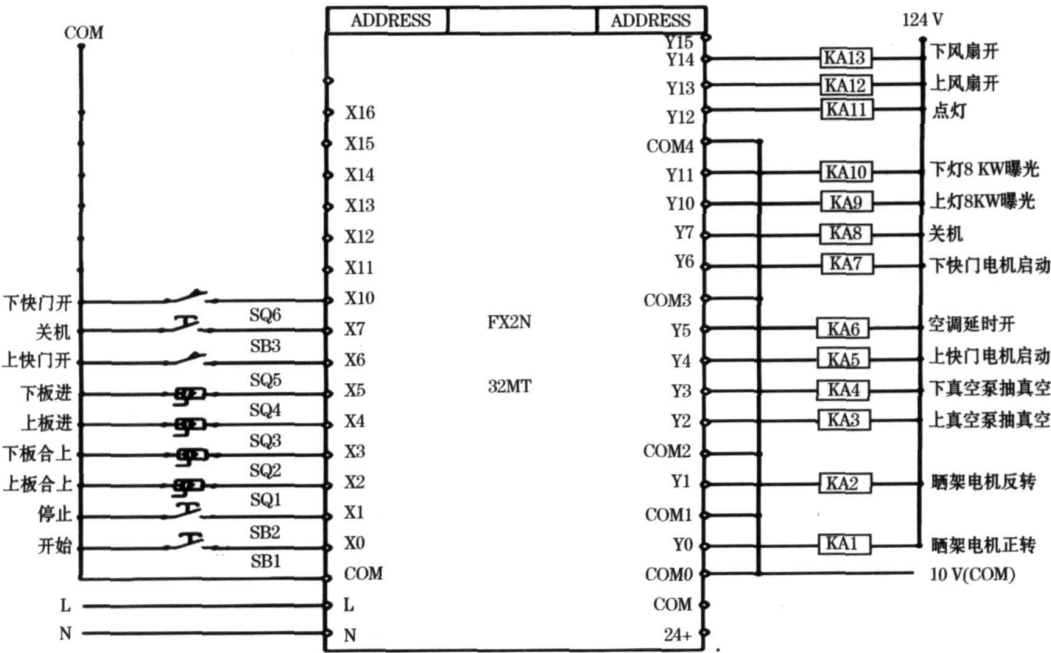


图 5 PLC 电气接线图

图中, 左边为输入信号, 均为开关量连接; 右边为输出信号, 与 24 V 直流电源连接到继电器的控制线圈的两端。

3) PLC 控制流程图 本系统自动控制是按生产工艺要求进行程序编制, 即根据第二节的要求画出梯形图。主程序控制流程, 如图 6 所示。

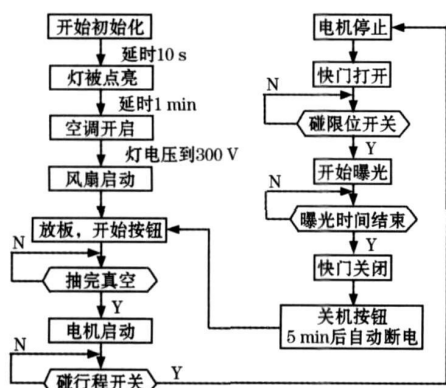


图 6 主程序流程图

4) PLC 的梯形图设计 程序设计采用扫描控制逐步移位, 控制过程依次执行, CPU 是以分时操作方式来处理各项任务的^[2], 每个过程既相对独立, 又协调一致、相互关联。程序设计顺序与工作流程一致, 合板、抽真空、近板、曝光的周期循环, 同时还有相关联的互锁、延迟等逻辑控制。如要进行 8 kW 功率曝光时, 上板或下板中必有一行程开关被压住, 同时灯箱快门处于打开到位的状态, 8 kW 功率继电器才会被接通; 又如灯管通电后点亮和空调断电关闭等方面的延时控制。这里因篇幅问题没把梯形图程序画出。

因连有人机界面, 程序中分配了一些软元件给界面按键及基本画面, 并编写了读取和保存通过界面设置的参数。用户每次使用曝光机时要根据工艺需求设定相应的抽真空和曝光时间, 如果未进行更改, PLC 将按照上一次设置的参数状态工作。

5) 人机界面设计 人机界面主要用来监视和设置曝光参数。在进入工作流程前, 可通过人机界面键盘设置抽真空时间、曝光时间参数; 而在工作状态时, 可实时监视抽真空动作和曝光动作是否完成。另外还设置了警示画面用来警告操作人员电压过高等影响安全操作的非正常状态信息, 关机时也会出现到计时自动断电画面。曝光机工作时出现的监视画面^[4], 如图 7 所示。



图 7 曝光机工作监视画面

其中, D 软元件为数据寄存器, 用来设定需要的时间; T 软元件为定时器, 实时显示抽真空时间或曝光时间, 当与 D 软元件中设定值相等时, 停止抽真空或曝光。

6) 软件设计的关键技术 为了实时监测曝光室及灯管温度和控制与其搭配的风扇冷却系统, 系统采用了三菱 FX2N-8AD 模拟量输入和温度传感器输入模块, 将模拟温度值转换为相应的电信号, 以相应的数值存储在数字寄存器中, 在 PLC 程序中通过比较数值等应用指令, 实行对风扇的开启或关闭控制, 真正实现节能、高效; 与此同时可以实时监测灯管两端的交流电压, 将模拟直流电压值转换为相应的数值存储在数字寄存器中, 防止灯管老化后在电压过高状态下危险工作。

5 结 语

本文给出了以三菱 PLC 为核心的 PCB 曝光机自动控制系统, 用 PLC 代替传统的集成电路控制后, 自动控制过程可靠性高, 维护更加方便, 用户能及时掌握曝光机的状态信息, PCB 双面曝光机结合温度传感器输入模块准确将曝光环境反馈于 PLC, 通过 PLC 程序处理, 产生相应电压模拟量的输出反馈给卤素灯, 曝光温度达到动态平衡, 真正实现节能、高效。

针对机械部分传动结构改为同步带传动, 既可以实现对各个环节的安全联锁, 晒架没进入曝光室时不进行曝光, 不能上下 2 个晒架同时在里面进行曝光, 而且可以保证上下板进出的同步性, 经反复通电试验可靠性甚高。

参考文献:

- [1] 程子华, 刘小明. PLC 原理与编程实例分析 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2007.
- [2] 谭维瑜. 电机与电气控制 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [3] 陈苏波, 杨俊辉. 三菱 PLC 快速入门与实例提高 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2008.
- [4] 廖常初. PLC 编程及应用 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [5] 郭丙君, 黄旭峰. 深入浅出 PLC 技术及应用设计 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2008.
- [6] 龚永林. HD 1 板的结构分类和标准 [J]. 印制电路信息, 2001, 17(3): 8-15.
- [7] 刘继修. PLC 应用系统设计 [M]. 福建科学技术出版社, 2007.
- [8] 常文平. 电气控制与 PLC 原理及应用 [M]. 西安: 电子科技大学出版社, 2008.
- [9] 郑荣进. 用 Delphi 实现 PC 与三菱 PLC 串行通信的研究与应用 [J]. 电气应用, 2007, 26(6): 124-127.
- [10] 沈博. 电气控制综合实验平台的设计 [J]. 中小企业管理与科技(上旬刊), 2009, 140(07): 296-297.
- [11] 陈伯时, 陈敏逊. 交流调速系统 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [12] 王坚. 基于三菱 PLC 的步进电动机监控系统的设计与开发 [J]. 电气应用, 2009, 28(4).